

3.6 Lavorazioni in siviera

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE

Affinazione in siviera

Ripristino siviera

Travaso scoria

Pulizia scaricatore

Controllo e ripristino cassetto

Riscaldamento siviera

Processi:

Affinazione della composizione

Disossidazione dell'ossido di ferro

Degasaggio dell'acciaio per gorgogliamento di gas inerte (argon)

Degasaggio ed elaborazione sotto vuoto

Trasformazioni chimico – fisiche e condizioni operative (temperatura e pressione)

Vettori energetici: reazioni esotermiche di ossidazione; energia elettrica (solo negli impianti con elettrodi)

Processi di affinazione spinta, cioè di controllo del tenore degli elementi in lega (rapporti di ripartizione fra metallo e scoria):

- $2\text{Mn}(\text{bagno}) + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MnO}(\text{scoria})$
- $\text{Si}(\text{bagno}) + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2(\text{scoria})$
- $4\text{P}(\text{bagno}) + 5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{P}_2\text{O}_5(\text{scoria})$
- $4\text{Cr}(\text{bagno}) + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{scoria})$
- Temperatura = 1500 – 1700 °C
- Pressione = 0.1 – 1.0 torr

Modifica caratteristiche strutturali (e meccaniche) tramite aumento del tenore degli elementi in lega

Controllo della temperatura e della omogeneità della colata: conseguente aumento della resistenza alla corrosione e alla rottura a fatica

Diminuzione delle inclusioni gassose e non metalliche: eliminazione dei difetti puntiformi, lineari, di superfici (bordi di grano); da cui miglioramento della struttura cristallina e riduzione delle rotture fragili

Caratteristiche strutturali dei materiali in lavorazione

- Soluzione di carbonio e di altri elementi nel ferro metallico
- Ridottissimo tenore di inclusioni non metalliche e gassose
- Formazione di fase liquida non metallica (scoria) sovrastante il bagno

Le esigenze qualitative dell'acciaio, unite alla necessità di velocizzare il ciclo di lavorazione, riservando la fase di fusione al forno elettrico, date le elevate potenze elettriche installate (dell'ordine di 1 MW elettrico per tonnellata di capacità del forno), hanno dato impulso a trattamenti effettuati in siviera e in impianti di diversa complessità:

- processi di degasaggio a pressione atmosferica mediante insufflazione di gas inerte immesso da tappi porosi collocati sul fondo;
- omogeneizzazione dell'analisi della colata ed eventuali aggiunte di ferroleghie;
- regolazione della temperatura del bagno di acciaio;
- riduzione delle inclusioni non metalliche, sempre tramite insufflazione di gas inerte;
- decarburazione dell'acciaio, ottenuta con insufflazione di ossigeno;
- disossidazione, desolfurazione, defosforazione mediante insufflazione di reagenti veicolati con gas inerte di trasporto.

Ripristino siviera

Svuotata la siviera dall'acciaio (nella macchina di colata continua o nelle lingottiere), viene travasata la scoria residua, versandola a terra oppure in paiole o mastelli in ghisa.

Per potere riutilizzare la siviera, deve essere pulito lo scaricatore (operazione di *sfiammatura*) eseguita posizionando orizzontale la siviera su stalli e insufflando ossigeno tramite lancia, per bruciare il metallo residuo rimasto nella sezione di deflusso.

La regolazione del flusso dell'acciaio in uscita dalla *busetta* (foro inferiore) della siviera è affidato a un'attrezzatura denominata *cassetto*, dove due *piastre refrattarie* forate sono inserite e consentono il deflusso dell'acciaio tramite un meccanismo a ghigliottina, cioè quando il foro della piastra inferiore viene messo in corrispondenza di quello della piastra superiore, tramite un comando pneumatico operato dall'addetto con pulsantiera. La manovra di questo meccanismo necessita di agganciare il circuito al cassetto, prima di avviare la siviera in *colata*.

Lo scaricatore a piastre e cassetto ha sostituito ormai da molti anni il sistema ad *asta e tampone* (un sistema di ostruzione a tampone inserito nello scaricatore), manovrato da meccanismo di sollevamento azionato manualmente dall'operatore con una leva, soprattutto in virtù della possibilità di regolare con precisione il flusso e di evitare il deterioramento del materiale refrattario di protezione dell'asta a livello scoria.

Dopo ogni colata il sistema di scarico viene pulito, controllato e rimontato, dopo alcuni cicli di colata vengono sostituite le piastre.

Dopo decine o centinaia di cicli di lavoro la siviera deve essere demolita e ricostruita (lavorazione di *rifacimento refrattario* inserita nelle *manutenzioni refrattarie*) per ripristinare lo *strato di usura* sovrapposto allo spessore di *sicurezza* posto a protezione della carpenteria della siviera.

Queste lavorazioni sono inserite insieme alle lavorazioni dell'acciaio in siviera, pur trattandosi di operazioni di ripristino, perché spesso vengono condotte nella medesima area.

Mansioni della fase

Mansione	Posizione di lavoro	Operazione
Addetti impianto fuori forno	(Area fra FE e LF) Cabina impianto LF Platea lavoro	(Ricevimento siviera da spillaggio) (inserimento circuito gas inerte) Controllo parametri di processo e regolazione Prelievo provino Rilievo temperatura
Addetti ripristino siviera/ Addetti siviera	Area movimentazione siviere Area ripristino siviera	Connessione ed estrazione circuito gas inerte Aggancio e sgancio sistema ribaltamento siviera Controllo insufflazione argon Inserimento polvere di copertura Sfiammatura scaricatore con ossigeno Controllo condizioni Sostituzione piastre cassetto Innesto e disinnesto circuito erogazione argon Innesto e disinnesto circuito manovra scaricatore

Impianti, macchine, attrezzature

Principali impianti	Fattori di rischio
Impianto stoccaggio e caricamento additivi Sistema di caricamento (nastri trasportatori, tramogge) Siviera Specifico impianto (LF, ASEA-SKF, VAD-FINKL, ecc.) Impianto a eiezione per la produzione del vuoto Impianto di captazione degli aerodispersi	Dispersione di polverosità da tramogge, celle di pesatura, nastri di trasporto Infortuni: problemi dovuti alla movimentazione
Lancia a ossigeno per sfiammatura Bruciatori preriscaldamento siviera	Ossidi di metalli Gas combustione e prodotti di degradazione termica derivanti dai leganti refrattari

I trattamenti di affinazione vengono realizzati in siviera oppure in impianti che sommano molteplici funzioni, con possibilità di inoculare reagenti (impianto TN), effettuare il vuoto e con autonomo sistema di riscaldamento (impianto ASEA-SKF, VAD-Finkl, ecc.).

Per elaborazione di acciai particolari, destinati principalmente alla fucinatura, viene realizzata la circolazione dell'acciaio fuso oppure il degasaggio del getto (impianto RH, impianto DH, ecc.).

Il processo di degasaggio consente di eliminare in particolare il pericolo dell'idrogeno negli acciai e permette di ottenere prodotti a basso contenuto di inclusioni non metalliche. Sotto vuoto si realizzano livelli di disossidazione, cioè di riduzione dell'ossigeno mediante disossidazione con carbonio, che in atmosfera possono essere ottenuti solo con l'impiego di energici disossidanti (Si, Al): questi ultimi lasciano però nell'acciaio le loro tracce, sotto forma di silicati e di ossidi non facilmente eliminabili.

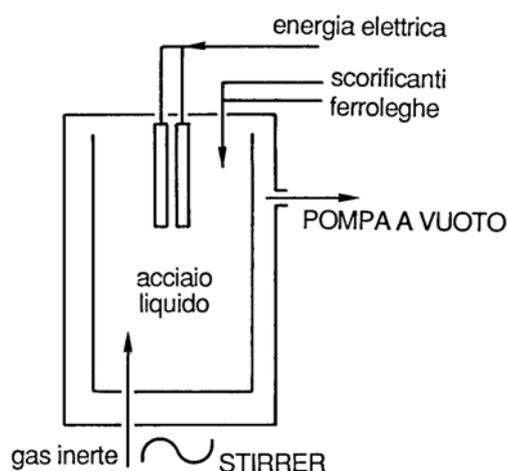
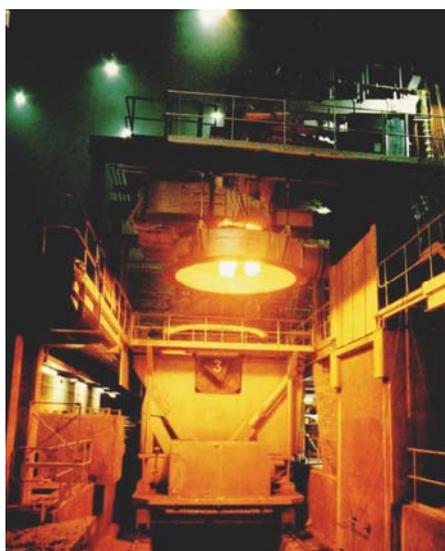
Tabella 3.6.1. Trattamenti di elaborazione dell'acciaio fuori forno effettuati nel campione di acciaierie indagate

Trattamento	Presenza	Quota acciaio trattato
Riscaldamento	100 %	100 %
Inoculazione reagenti	100 %	100 %
Trattamento sotto vuoto	11%	90%
Degasaggio del getto	11%	100%
Rifusione	6%	100%
Trattamento in convertitore AOD	6%	100%

Come si osserva dai trattamenti realizzati negli impianti del campione esaminato, si ricava una elevata specializzazione per tutto l'acciaio lavorato.

Figura 3.6.1. Impianto . trattamento dell'acciaio in siviera: carro porta siviera (senza siviera), impalcato di lavoro, voltino raffreddato con elettrodi

Figura 3.6.2. Rappresentazione schematica dei flussi riferiti a un impianto di elaborazione dell'acciaio in siviera con possibilità di realizzare trattamento sotto vuoto



Il preriscaldamento di siviere (e di paniere utilizzate in colata continua) è realizzato nelle aree di ripristino e preparazione.

L'essiccazione dei refrattari eseguita dopo completo o parziale rifacimento dei rivestimenti di usura genera l'emissione di sostanze organiche e di fumi, fra questi prodotti che derivano dalla decomposizione e degradazione termica dei leganti organici presenti nell'impasto refrattario, generando idrocarburi policiclici aromatici che si propagano negli ambienti di lavoro, in quanto solo in alcuni casi il preriscaldamento viene effettuato in ambiente confinato e presidiato da aspirazione.

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.6.2. Lavorazioni in siviera

Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi di prevenzione

Alcune voci risultano dall'analisi statistica degli eventi infortunistici: questi rischi specifici, indicati con , riportano l'operazione pericolosa, la modalità di accadimento, il danno rilevato, i fattori di rischio che sono stati valutati evidenti

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO SPECIFICO →OPERAZIONE →MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
	Proiezione di materiale fuso e contatto → operazioni manuali alla porta del forno siviera → investimento da parte di materiale ustionante	Ustioni	Protezione della posizione di intervento Adeguata formazione Definizione di procedure complete Impiego di adeguati DPI
	Accumulo di gas infiammabili ed esplosivi negli impianti a vuoto		Configurazione dell'impianto del vuoto Definizione di procedure di verifica
	Transiti in posizioni difficoltose e con pavimentazione sconnessa	Traumi e lesioni	Condizioni pavimentazione Manutenzione e pulizia Illuminazione (vedi TRASFERIMENTI)
	Proiezioni e spruzzi di materiale fuso durante lancio di polveri esotermiche	Ustioni da calore	Modalità di stoccaggio materiali per evitare accumulo di umidità Essiccazione prima dell'impiego Schermi Dispositivi di protezione personale
I 10 	Interventi operativi e transiti di persone sotto siviere sospese, anche in caso di movimentazioni di emergenza → movimentazione della siviera → tracimazione e investimento da parte di materiale ustionante	Fratture Ustioni da calore Esiti mortali	Progettazione del lay-out anche con riferimento alle emergenze Esclusione del transito sospeso delle siviere su percorsi e aree di lavoro Segnaletica e procedure
	→ ripristino siviera → urto/ lesioni/ schiacciamenti durante ripristino scaricatore e sistema di manovra	Lesioni traumatiche	Adottare innesti più semplici da eseguire (innesto a baionetta) Inserire attrezzature di sostegno (paranchi a carico bilanciato, ecc.) Procedure di movimentazione carichi
	Ritorni di fiamma e scoppi durante pulizia scaricatore con lancia a ossigeno	Ustioni da calore Lesioni traumatiche	Manutenzione lance Procedure corrette di utilizzo
	Proiezione di materiale fuso durante ripristino siviera	Ustioni da calore	Segregazione della operazione Schermi adeguati
	Ripristino cassetto e cambio piastre Ripristino setti porosi	Ustioni da calore Irraggiamento	
R8	Perdita incontrollata di acciaio dallo scaricatore o dal mantello, causa usure localizzate o cedimenti nel refrattario della siviera, oppure foratura del cassetto o del setto poroso	Ustioni da calore Lesioni varie Esiti mortali	Massima professionalità per gli addetti siviera Procedure di controllo e ripristino
I 11 	Presenza di acqua o di materiale umido nelle posizioni di raccolta e travaso scoria → operazioni manuali di scorifica → investimento da parte di componenti dell'impianto proiettati dall'esplosione	Lesioni varie Esiti mortali	Esclusione dell'acqua dalle fosse di colata Manutenzione dei sistemi di impermeabilizzazione Evitare tiro triangolare per il sostegno delle paiole (carro, staffa)

Si veda anche la fase "Manutenzioni, ripristini, lavori ausiliari"

Rischi di natura igienico-ambientale

Tabella 3.6.3. Lavorazioni in siviera.
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
A1	Polveri aerodisperse e fumi metallici - Interventi platea impianto fuori forno - Sfiammatura scaricatore siviera Esposizioni indebite dovute a ricadute da altre aree (principalmente forno elettrico)	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi	Separazione delle aree di lavoro DPI mancanti o inadeguati Frequente pulizia delle zone di accumulo
A1	Idrocarburi policiclici e altri prodotti di combustione e degradazione termica - Essiccazione siviere	Irritazione vie respiratorie e occhi	Aspirazione postazioni riscaldamento siviere
A2	Esposizione a rumore durante le fasi di caricamento del forno e delle fasi iniziali di fusione nel caso di area non separata	Danni uditivi Danni extra uditivi	Segregazione forno elettrico Vigilare sull'impiego dei DPI
A3	Stress e affaticamento da calore - interventi di ripristino siviera - cambio piastre scaricatore	Aggravamento problematiche cardiocircolatorie, digestive e renali	Inserimento di attrezzature a carico bilanciato per la manipolazione dei carichi (riduzione sforzo fisico e conseguente riduzione stress da calore) Inserimento di protezioni e schermi Adozione di DPI specifici
	Esposizione a basse temperature Correnti e sbalzi termici - posizioni in area siviere interessate da correnti d'aria	Alterazioni degenerative tessuti periarticolari Malattie da raffreddamento	
	Radiazioni infrarosse e ultraviolette - controllo superfici incandescenti - controllo materiale fuso - operazioni di travaso - impiego lance ossigeno	Processi di invecchiamento dell'occhio Cataratta Danneggiamento retina	Inserimento di schermi Adozione di DPI specifici

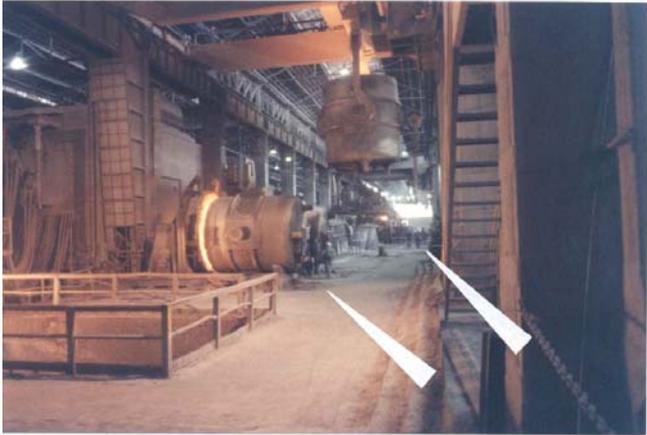
A1, A2, A3: vedi Capitolo 3.1 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi"

Appalto a ditta esterna

Presenza generalizzata di dipendenti esterni per ripristini refrattari.

Ricorrenze legislative segnalate nell'analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
1	547/4	obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti
1	547/172	ganci dei mezzi e apparecchi di sollevamento
1	547/186	posti di lavoro sottoposti a carichi sospesi
1	547/352	affissione di norme di sicurezza per materiali o prodotti pericolosi o nocivi
1	547/366	trasporto di materiali a temperatura elevata
1	547/377	mancati requisiti e disponibilità dei mezzi di protezione personale
1	626/37	informazione in merito all'utilizzo delle attrezzature da lavoro
1	626/22	formazione dei lavoratori
1	626/35	obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro

COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica	ACCIAIERIA LAVORAZIONI IN SIVIERA TRASFERIMENTO DELLA SIVIERA DALLO SPILLAGGIO A IMPIANTO LF, DA IMPIANTO LF A COLATA, DA COLATA A RIPRISTINO	
TIPOLOGIA INFORTUNIO	I 10 ⚠	
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Tracimazione e investimento da parte di materiale ustionante Addetti siviera Addetti colata Addetti alle movimentazioni (anche addetti esterni) Addetti in transito da e per le specifiche aree di lavoro (anche addetti esterni)	
Osservazioni Discussione	Necessità di considerare non solo i percorsi abituali della siviera, ma anche quelli utilizzati in caso di movimentazioni di emergenza	
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Interferenza fra linee di flusso dei materiali Interferenza fra aree sicure (transito, accesso, permanenza) e aree rese pericolose dalla lavorazione Modalità incongrue di stoccaggio dei materiali Mancanza di visibilità, illuminazione insufficiente MOVIMENTAZIONE MECCANICA Modalità di sollevamento non sicure (tiro inclinato, ecc.) IMPIANTI E MACCHINE Mancanza di segnalazioni ottiche e acustiche di funzionamento Assenza di dispositivi di comunicazione fra gli operatori PROCEDURE OPERATIVE Mancanza di coordinamento fra gli interventi (compreso quello di lavoratori non dipendenti) Distanza di sicurezza non rispettata Procedure mancanti/ carenti/ definite ma errate Procedure non applicate	
Interventi		
Schemi, disegni, fotografie	Commenti a schemi, disegni, fotografie <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>la configurazione degli spazi di trasporto delle siviere può sovrastare in maniera sistematica posizioni di intervento o di trasferimento degli addetti: in questo caso la presenza di carichi sospesi può essere esclusa unicamente con procedure per il gruista</p>	

COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica RISCHIO SPECIFICO	ACCIAIERIA TRASFERIMENTO O STAZIONAMENTO DELLA SIVIERA SVUOTAMENTO DELLA SIVIERA R8. Foratura siviera, perdita di acciaio dal cassetto
Mansioni coinvolte	Addetti siviera Colatori
Osservazioni Discussione	Necessità di avere la posizione dei comandi di rotazione torretta in posizione comunque protetta anche in caso di emergenza. Le scale che conducono al piano dei colatori siviera devono essere agevoli (numero, larghezza e inclinazione) anche in caso di emergenza
Fattori di rischio evidenziati	Interferenza fra percorso di trasporto siviera piena e posizioni di intervento, di lavoro abituale, di transito Manutenzione effettuata con periodicità non adeguata Materiali non adeguati (degradati, fornitura non conforme) Procedure non rispettate Carente professionalità
<p>Interventi. Esempio di procedura</p> <p><i>Mantenere sgombro da ogni materiale depositato che possa ostacolare il transito ,la platea di colata e le scale di accesso, in modo da permettere un’evacuazione agevole e rapida in caso di pericolo.</i></p> <p><i>Il colatore siviera dà tempestiva comunicazione ai colatori di linea, effettua la rotazione della torretta fino alla posizione di scarico di emergenza. Terminata la manovra abbandona l’impalcato di colata.</i></p> <p><i>I colatori di linea rimangono nelle loro posizioni di lavoro, sotto l’impalcato in posizione protetta, finchè la siviera non sia stata allontanata.</i></p> <p><i>Il canale di deflusso dell’acciaio e la siviera di emergenza vanno mantenuti perfettamente svuotati ed essiccati, per potere garantire sufficiente capacità di scorrimento agevole dell’acciaio nei casi di necessità ed evitare qualsiasi esplosione nel caso di un loro utilizzo</i></p>	
Schemi, disegni, fotografie	<p>Commenti a schemi, disegni, fotografie</p> <p>Fondo siviera. L’acciaio, infiltrato nel sistema di chiusura a piastre, mantenuto in esercizio oltre l’usura consentita, oppure non correttamente ripristinato dopo la colata, ha strappato il sistema di chiusura comportando il flusso incontrollato durante il trasferimento</p> 

COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica RISCHIO SPECIFICO	ACCIAIERIA AFFINAZIONE IN CONVERTITORE OPERAZIONE MANUALE DI SCORIFICA I 11 ⚠. Presenza di acqua o di materiale umido nelle posizioni di raccolta e travaso scoria
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Investimento da parte di componenti dell'impianto proiettati dall'esplosione Addetti lavorazione fuori forno
Discussione	<p>L'operazione di scorifica, al termine dell'affinazione dell'acciaio inossidabile effettuata in convertitore AOD, viene effettuata mediante raspa manovrata a mano dai due addetti, facendo fluire la scoria dalla superficie dell'acciaio contenuto nel convertitore mantenuto inclinato in una paiola sostenuta tramite catene al carroponte.</p> <p>La posizione di intervento degli addetti si colloca su una struttura scorrevole di copertura della fossa, che consente di operare in posizione più prossima alla bocca del convertitore.</p> <p>A causa dell'errato posizionamento della paiola sostenuta tramite catene al carroponte, di circa 70 cm più bassa rispetto alla posizione corretta, il flusso di scoria colpisce le catene di sostegno provocandone il collasso; la paiola si ribalta nella fossa, la scoria cade sul fondo della fossa provocando l'inglobamento di acqua, presente sul fondo; la sovrappressione determinata dall'esplosione proietta a distanza il ponte scorrevole su cui operano i due addetti, che vengono scaraventati a distanza</p>
Fattori di rischio evidenziati	<p>Infiltrazione di acqua nel sottosuolo nella fossa: condizione ben conosciuta alla quale si è cercato di rimediare creando un pozzetto di raccolta, presidiato da una pompa di estrazione innescata da sistema a galleggiante e successivamente inserendo un cassone metallico a protezione del pavimento della fossa.</p> <p>Mancato funzionamento della pompa di estrazione installata: causa lo sporco e la mancata manutenzione, la pompa non risultava attiva; si provvede a estrarre l'acqua tramite una ulteriore pompa, lasciando però il fondo della fossa con pozzanghere e umidità nel materiale depositato.</p> <p>Mancato collocamento del cassone di protezione: causa la presenza di detriti risulta impossibile la possibilità di posizionare il cassone a causa dei detriti accumulati.</p> <p>Peraltro la funzione primaria del cassone è quella di raccogliere i colaticci evitando dispendiose operazioni di raccolta all'interno della fossa.</p> <p>Posizione reciproca del convertitore e della paiola durante la scorifica: la paiola viene sostenuta e manovrata dall'addetto al carroponte che opera in cabina in sintonia al basculamento del convertitore.</p> <p>Modalità di sostegno della catena: durante la scorifica il deflusso di scoria si allarga e lambisce la catena di sostegno sostenuta da un tiro triangolare. Fra l'altro non si può escludere interferenza fra la posizione delle catene di sostegno e lo scorrimento del ponte dove operano gli addetti</p>
Interventi Esclusione dell'acqua dalle fosse di colata Manutenzione dei sistemi di impermeabilizzazione Paiole su carro non sostenute da catene Inserimento di manipolatori meccanici per l'operazione di scorifica	

Schemi, disegni, fotografie



Commenti a schemi, disegni, fotografie

Ponte scorrevole a protezione della fossa su cui operano gli addetti al convertitore



Paiola sostenuta dalle catene con tiro triangolare durante il travaso della scoria, travaso da completare con operazione di scorifica con raspa operando frontalmente dal ponte scorrevole